

OPTICAL PICKUP

Publication number: JP2001093179

Publication date: 2001-04-06

Inventor: OTAKI MASARU; MURAO NORIAKI

Applicant: PIONEER ELECTRONIC CORP

Classification:

- International: G02B5/18; G11B7/135; G11B7/00; G11B7/125;
G02B5/18; G11B7/135; G11B7/00; G11B7/125; (IPC1-
7): G11B7/135; G02B5/18

- european: G02B5/18Z; G11B7/135A

Application number: JP19990266434 19990921

Priority number(s): JP19990266434 19990921

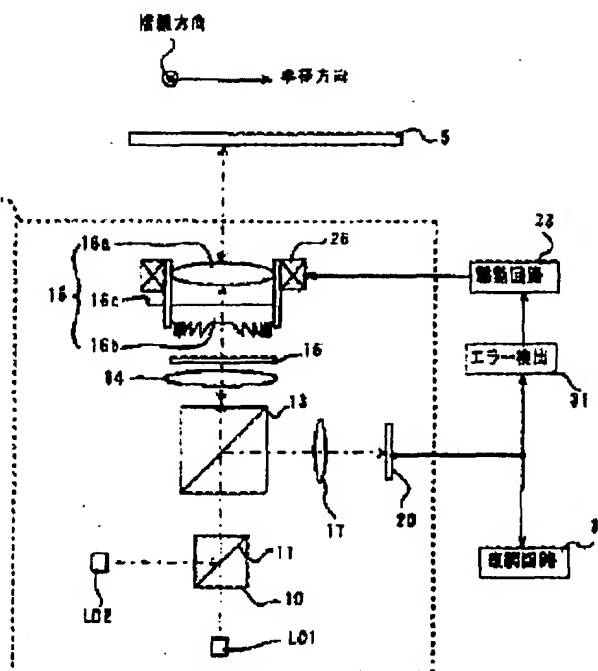
Also published as:

US6449095 (B1)

Report a data error here

Abstract of JP2001093179

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical pickup suitable for miniaturization and capable of recording and reproduction to the optical disk or recording surface of different corresponding wavelengths. **SOLUTION:** This optical pickup is provided with a first light source for emitting a first light beam having a first wavelength, a second light source for emitting a second light beam having a second wavelength longer than the first wavelength, a condensing lens for converging the first and second light beams to the information recording surface of a recording medium and a diffraction optical element arranged in an optical path from the first and second optical sources to the condensing lens. The condensing lens converges the diffracted light beam of a first diffraction order of the first light beam from the diffraction optical element as information reading light or information recording light and converges the diffracted light beam of a second diffraction order lower than the first diffraction order of the second light beam from the diffraction optical element as the information reading light or the information recording light.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-93179

(P2001-93179A)

(43) 公開日 平成13年4月6日(2001.4.6)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テームド(参考)
G 1 1 B	7/135	G 1 1 B	7/135 A 2 H 0 4 9
G 0 2 B	5/18	G 0 2 B	5/18 5 D 1 1 9

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 28 頁)

(21) 出願番号 特願平11-266434

(22) 出願日 平成11年9月21日(1999.9.21)

(71) 出願人 000005016

パイオニア株式会社

東京都目黒区目黒1丁目4番1号

(72) 発明者 大橋 賢

埼玉県鶴ヶ島市富士見6丁目1番1号 パ

イオニア株式会社総合研究所内

(72) 発明者 村尾 則明

埼玉県鶴ヶ島市富士見6丁目1番1号 パ

イオニア株式会社総合研究所内

(74) 代理人 100079119

弁理士 藤村 元彦

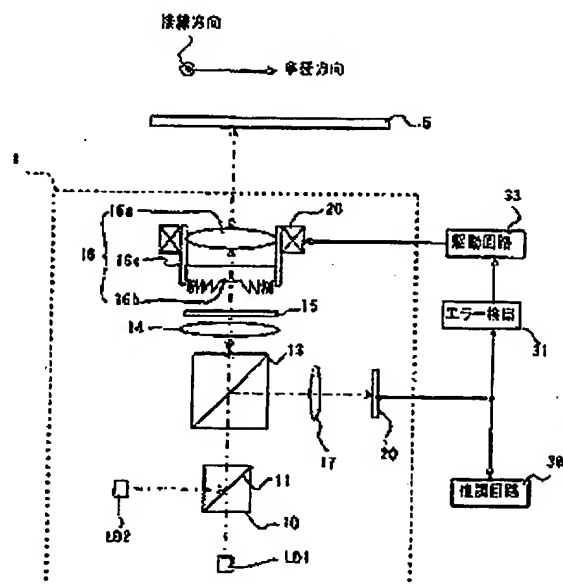
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光ピックアップ

(57) 【要約】

【課題】 対応波長の異なる光ディスク又は記録面に対し記録再生可能な小型化に適した光ピックアップを提供する。

【解決手段】 第1波長を有する第1光ビームを出射する第1の光源と、第1波長より長い第2波長を有する第2光ビームを出射する第2の光源と、第1及び第2光ビームを記録媒体の情報記録面に集光させる集光レンズと、第1及び第2の光源から集光レンズまでの光路中に配置された回折光学素子とを備えた光ピックアップであって、集光レンズは、第1光ビームについては回折光学素子による第1回折次数の第1光ビーム回折光を情報読取光又は情報記録光として集光し、第2光ビームについては回折光学素子による第1回折次数より低次の第2回折次数の第2光ビーム回折光を情報読取光又は情報記録光として集光する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1波長を有する第1光ビームを出射する第1の光源と、第1波長より長い第2波長を有する第2光ビームを出射する第2の光源と、前記第1及び第2光ビームを記録媒体の情報記録面に集光させる集光レンズと、前記第1及び第2の光源から前記集光レンズまでの光路中に配置された回折光学素子とを備えた光ピックアップであって、

前記集光レンズは、前記第1光ビームについては前記回折光学素子による第1回折次数の第1光ビーム回折光を情報読取光又は情報記録光として集光し、前記第2光ビームについては前記回折光学素子による前記第1回折次数より低次の第2回折次数の第2光ビーム回折光を情報読取光又は情報記録光として集光することを特徴とする光ピックアップ。

【請求項2】 前記回折格子は鋸歯状の断面を有することを特徴とする請求項1記載の光ピックアップ。

【請求項3】 前記回折格子は階段状の断面を有することを特徴とする請求項1記載の光ピックアップ。

【請求項4】 前記第1光ビーム回折光の前記第1回折次数の絶対値は前記第2光ビーム回折光の前記第2回折次数の絶対値より1だけ大きく、かつ前記第2光ビーム回折光の前記第2回折次数の絶対値は1以上であることを特徴とする請求項1～3のいずれか1記載の光ピックアップ。

【請求項5】 前記第1光ビーム回折光が2次回折光であるとき前記第2光ビーム回折光は1次回折光である、又は、前記第1光ビーム回折光が3次回折光であるとき前記第2光ビーム回折光は2次回折光であることを特徴とする請求項4記載の光ピックアップ。

【請求項6】 前記回折格子の深さが、 $1.42 \pm 0.2 \mu\text{m}$ 又は $2.40 \pm 0.2 \mu\text{m}$ の範囲内であることを特徴とする請求項1～5のいずれか1記載の光ピックアップ。

【請求項7】 前記回折格子のピッチが、 $20 \mu\text{m}$ 以上であることを特徴とする請求項1～6のいずれか1記載の光ピックアップ。

【請求項8】 前記第1波長が $400 \text{ nm} \sim 410 \text{ nm}$ であり、前記第2波長が $630 \text{ nm} \sim 660 \text{ nm}$ であることを特徴とする請求項1～7のいずれか1記載の光ピックアップ。

【請求項9】 前記回折光学素子は平凹レンズを有し、前記回折格子は平凹レンズの凹面に形成されていることを特徴とする請求項1～8のいずれか1記載の光ピックアップ。

【請求項10】 前記回折光学素子は前記集光レンズと一体成形され、前記回折格子は前記集光レンズの光源側表面に形成されていることを特徴とする請求項1～9のいずれか1記載の光ピックアップ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、対応波長の異なる光ディスクから情報を記録再生する光学式記録再生装置における光ピックアップの光学系に関し、特に、異なる波長のレーザ光源を使うDVD及びHD-DVDへの互換性を可能にする光ピックアップに関する。

【0002】

【従来の技術】光学式記録再生装置には、光記録媒体の例えばDVD(digital video disc)等の光ディスクから記録情報を読み取り得る光学式ディスクプレーヤがある。容量4.7GBのDVDが市場に導入されているが、更に高密度なパッケージメディアの要求が強く、その検討が進んでいる。記録密度の向上には、良く知られているように使用する光源の短波長化と対物レンズの高NA化が有効である。短波長化に関しては、GaN基板をベースにした短波長の半導体レーザの研究が進展をみせており実用化に近いレベルにある。開発中のレーザの波長は 405 nm であり、これを使った15GB程度の高密度DVD(HD-DVD)システムの研究も同様に進められている。

【0003】そこで、DVDとHD-DVDから記録情報を読み取り得るコンパチブルディスクプレーヤが求められることになるが、その再生システムは、DVDを再生できることが当然のこととして義務づけられる。ここで問題になるのは、短波長のレーザではDVDディスクのうち2層ディスクを読めないことである。これは2層ディスクの中間層の短波長光ビームでの反射率が低いために生じる。従って、コンパチブルディスクプレーヤを実現するために、HD-DVDシステムは波長 405 nm 付近の青色の光ビーム（以下、単に青ともいう）を発光するレーザに加えて波長 650 nm 付近の赤色の光ビーム（以下、単に赤ともいう）を発光するレーザを搭載する必要がある。従来、DVDでは基板厚は 0.6 mm であり、対応波長は $635 \text{ nm} \sim 655 \text{ nm}$ 、対物レンズの開口径は 0.6 程度である。HD-DVDでは基板厚は 0.6 mm であり、対応波長は 405 nm 、対物レンズの開口径は 0.6 程度である。

【0004】しかし、対物レンズの持つ色収差のために、従来の単レンズで波長の異なる光を両方ともほぼ無収差で集光することは難しい。このため、DVDとHD-DVDのコンパチビリティを確保するためには何らかの工夫が必要となる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】そこで、DVD及びHD-DVDのコンパチブルプレーヤ用の光ピックアップの実現方法として、専用対物レンズを使う波長ごとに切替える方法が考えられるが、2枚の対物レンズを要するので複雑なレンズ切り替え機構が必要でコストが増大し、アクチュエータが大きくなるので小型化に不利である。

また、他の方法として、対物レンズとコリメータレンズ

と組み合わせる方法が考えられるが、対物レンズに対してコリメータが固定しているため、対物レンズの移動時の性能を維持することが難しい、などの問題が発生する。

【0006】いずれにしても、DVDとHD-DVDのコンパチビリティを確保するため複数光源を用い専用のプリズム、レンズなどの光学系を構成すると、光ピックアップ又は光ヘッド全体が複雑になり、大型になる傾向がある。本発明は、上記課題に鑑みなされたものであり、対応波長の異なる光ディスク又は記録面に対し記録再生可能な小型化に適した光ピックアップを提供することにある。

【0007】

【発明を解決するための手段】本発明の光ピックアップは、第1波長を有する第1光ビームを出射する第1の光源と、第1波長より長い第2波長を有する第2光ビームを出射する第2の光源と、前記第1及び第2光ビームを記録媒体の情報記録面に集光させる集光レンズと、前記第1及び第2の光源から前記集光レンズまでの光路中に配置された回折光学素子とを備えた光ピックアップであって、前記集光レンズは、前記第1光ビームについては前記回折光学素子による第1回折次数の第1光ビーム回折光を情報読取光又は情報記録光として集光し、前記第2光ビームについては前記回折光学素子による前記第1回折次数より低次の第2回折次数の第2光ビーム回折光を情報読取光又は情報記録光として集光することを特徴とする。

【0008】本発明の光ピックアップにおいては、前記回折格子は鋸歯状の断面を有することを特徴とする。本発明の光ピックアップにおいては、前記回折格子は階段状の断面を有することを特徴とする。本発明の光ピックアップにおいては、前記第1光ビーム回折光の前記第1回折次数の絶対値は前記第2光ビーム回折光の前記第2回折次数の絶対値より1だけ大きく、かつ前記第2光ビーム回折光の前記第2回折次数の絶対値は1以上であることを特徴とする。

【0009】本発明の光ピックアップにおいては、前記第1光ビーム回折光が2次回折光であるとき前記第2光ビーム回折光は1次回折光である、又は、前記第1光ビーム回折光が3次回折光であるとき前記第2光ビーム回折光は2次回折光であることを特徴とする。本発明の光ピックアップにおいては、前記回折格子の深さが、 $1.42 \pm 0.2 \mu\text{m}$ 又は $2.40 \pm 0.2 \mu\text{m}$ の範囲内であることを特徴とする。

【0010】本発明の光ピックアップにおいては、前記回折格子のピッチが、 $20 \mu\text{m}$ 以上であることを特徴とする。本発明の光ピックアップにおいては、前記第1波長が $400 \text{ nm} \sim 410 \text{ nm}$ であり、前記第2波長が $630 \text{ nm} \sim 660 \text{ nm}$ であることを特徴とする。本発明の光ピックアップにおいては、前記回折光学素子は平凹レンズを有し、前記回折格子は平凹レンズの凹面に形成

されていることを特徴とする。

【0011】本発明の光ピックアップにおいては、前記回折光学素子は前記集光レンズと一体成形され、前記回折格子は前記集光レンズの光源側表面に形成されていることを特徴とする。

【0012】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面を参照しつつ説明する。

（光ピックアップ）図1は実施の1形態の光ピックアップの概略を示す。光ピックアップは、第1波長が $400 \text{ nm} \sim 410 \text{ nm}$ 好ましくは 405 nm 付近の短波長の光を出射するHD-DVD用半導体レーザーLD1と、第1波長より長い第2波長すなわち $630 \text{ nm} \sim 660 \text{ nm}$ 好ましくは 650 nm 付近のDVD用の長波長の赤を出射するDVD用半導体レーザーLD2と、を備えている。半導体レーザーLD1及びLD2はHD-DVD用及びDVD用として切り替えて点灯される。

【0013】さらに光ピックアップは、これら第1及び第2光ビームすなわち赤及び赤の光路を共通させる光軸結合素子の光軸結合プリズム（色合成プリズム）10を備えている。この光学系の光軸結合プリズム10は、図1に示すように、半導体レーザーLD1及びLD2の発散光ビームを共通の光路となすように設計され、2つの波長のレーザービームの光軸を略一致させる機能を有する。光軸結合プリズム10中のダイクロイックミラー11は、波長 405 nm の第1レーザービームを透過する一方で、波長 650 nm の第2レーザービームを反射する特性を有しており、入射角度依存性を持つように多層誘電体薄膜により形成されている。また、光軸を合成する光軸結合素子は、光軸結合プリズムに限定されることなく、ダイクロイックミラーに代えて、回折角の波長差を使った回折格子、液晶コレステリック層などを、光軸結合素子に用いることができる。

【0014】また光ピックアップは、光軸結合プリズム10の光軸の下流に偏光ビームスプリッタ13、コリメータレンズ14、 $1/4$ 波長板15及び対物レンズユニット16を備えている。以上の光照射光学系によって、第1半導体レーザーLD1及び第2半導体レーザーLD2の少なくとも一方からのレーザービームは、光軸結合プリズム10及び偏光ビームスプリッタ13を経て、コリメータレンズ14で平行光ビームにされ、 $1/4$ 波長板15を透過して、対物レンズユニット16によって、その焦点付近に置かれている光ディスク5に向けて集光され、光ディスク5の情報記録面のビット列上で光スポットを形成する。

【0015】以上の光照射光学系に加えて、光ピックアップはさらに検出レンズ17など光検出光学系を有しており、対物レンズユニット16、 $1/4$ 波長板15及び偏光ビームスプリッタ13は光検出光学系にも利用されている。HD-DVD又はDVDの光ディスク5からの

反射光は、対物レンズユニット16で集められ1/4波長板15を介して偏光ビームスプリッタ13によって検出用集光レンズ17に向けられる。検出レンズ17で集光された集束光は、例えば、シリンドリカルレンズ、マルチレンズなどの非点収差発生素子（図示せず）を通過して、例えば、直交する2線分によって4分割されてなる4つの受光面を有する4分割光検出器の受光面20中心付近に光スポットを形成する。

【0016】また、光検出器の受光面20は復調回路30及びエラー検出回路31に接続されている。エラー検出回路31は対物レンズユニットのトラッキング制御及びフォーカス制御用のアクチュエータ26を含む機構を駆動する駆動回路33に接続されている。4分割光検出器は、その受光面20中心付近に結像された光スポット像に応じた電気信号を復調回路30及びエラー検出回路31に供給する。復調回路30は、その電気信号に基づいて記録信号を生成する。エラー検出回路31は、その電気信号に基づいてフォーカスエラー信号や、トラッキングエラー信号や、その他サーボ信号などを生成し、アクチュエータの駆動回路33を介して各駆動信号を各アクチュエータに供給し、これらが各駆動信号に応じて対物レンズユニット16などをサーボ制御駆動する。

（対物レンズユニット）本発明の光ピックアップの対物レンズユニットにおいては、図1に示すように、HD-DVD用の短波長の青色レーザ光源LD1と、DVD用の長波長の赤色レーザ光源LD2と、の2つの光源を使い、これらからの光ビームを光軸結合プリズム10によって1光路に合成し、対物レンズユニット16によりHD-DVD又はDVDの光ディスク記録面上に集光させる。この対物レンズユニット16は、図1に示すように、光ビームを記録面へ集光する集光レンズ（基準レンズ）16aと、透光性の平板上に複数の凹凸からなるフレネルレンズ又はホログラムレンズなどの回折格子を有する回折光学素子16b（DOE: diffractive optical element）と、を組み合わせた複合対物レンズの組立体である。集光レンズ16a及び回折光学素子16bは、ホルダ16cによって光軸に同軸に配置され、回折格子を有する回折光学素子16bは光源側すなわち光軸結合プリズム10から集光レンズ16aまでの光路中に位置する。

【0017】集光レンズ16aは、青の波長範囲400nm～410nm又は赤の波長範囲630nm～660nmで、又は少なくとも青の波長範囲で収差が補正された非球面レンズを用いる。一般的に、収差は波長で正規化され波長に反比例して公差が厳しくなるので、赤と青の波長で比べると、青の波長での望ましい特性を出す方が難しくなるので、特に、青の波長範囲で収差が補正された非球面レンズを使うことが望ましい。

【0018】回折光学素子16bはガラス、プラスチックなどからなり、その回折格子16eは図2に示すよう

に、光軸を中心に複数の同心円に切削され又はホトリソグラフィにより積層された環状溝又は凸の輪帯からなる。回折格子16eは、図3に示すように、その断面がブレース形状すなわち鋸歯状、又は、図4に示すように、階段形状となるように形成される。例えば、鋸歯状断面の回折格子は回折効率が他より高いので有利である。回折格子断面形状の作成法として、フォトリソグラフィ技術を応用する方法と、ダイヤモンドバイトなどで精密切削する方法とがあり、これらによって、擬似的にブレースを形成した多段階ブレース又はブレース形状の回折格子ができるが、いずれの方法でも構わない。または、かかる多段階ブレース又はブレース形状を金型に雛形を形成しておき、射出成形又はいわゆる2P法で透明材料から複数の回折光学素子を複製することもできる。

【0019】回折光学素子16bは図3及び図4に示すように、平凹レンズ16dと、平凹レンズの凹面に形成された回折格子16eとからなる。回折光学素子16bの基板を凹レンズにすることは、最良像点を固定した集光レンズ16aの特性に対し、後に述べる波長依存特性が凹レンズで改善し反対に凸レンズで劣化となる影響が生じるからである。また、回折光学素子としては、平凹レンズ16dに代えて光透過性平板16dを基板とし、回折格子16eがその表面に形成された素子も用いることもできる。

【0020】回折光学素子16bの回折格子16eは、図5（A）に示すように、例えば、波長405nmの青色の第1光ビームが透過するとき、その2次の回折光B2を、情報読取光又は情報記録光として集光レンズ16aを介してHD-DVDディスク記録面上に集光するように、形成されている。また、同時に回折格子16eは、図5（B）に示すように、波長650nmの赤色の第2光ビームが透過するとき、第1光ビーム回折光の2次回折光より低次の1次回折光R1を、情報読取光又は情報記録光として対物レンズを介してDVDディスク記録面上に集光するように、形成されている。これら場合、赤の0次回折光R0及び高次回折光並びに青の0次及び1次回折光B0及びB1はディスク記録面上に合焦状態にないので、これら回折光は読取又は記録にはほとんど影響しない。上記例では光源の第1及び第2光ビームすなわち赤と青の半導体レーザの波長範囲はそれぞれ赤（630～660nm）、青（400～410nm）としているが、この範囲であれば回折効率が大きく変化することがないからである。さらに、第1光ビーム回折光の第1回折次数は、第2光ビーム回折光の第2回折次数より1だけ大きく、かつ第2光ビーム回折光の第2回折次数は1以上であることが好ましい。よって、第1光ビーム回折光が2次回折光であるとき第2光ビーム回折光は1次回折光である上記の例の他に、HD-DVD用に波長405nmの3次回折光を第1光ビーム回折光に用いたときDVD用に波長650nmの第2光ビーム回折光と

して2次回折光が集光されるように、回折光学素子16bの回折格子16eは作製される。

【0021】一般にコンパチブル光ピックアップでは一方の読取光に光強度を得るために0次の回折光すなわちパワーを持たない回折格子を用い、0次回折光以外の回折光を他方の読取光に用いているが、赤と青の0次の回折光を用いずに、青の2次の回折光を用い、赤では2次より1つ低次の1次回折光を用いるように、回折格子は形成されている。すなわち、本発明の回折格子は、その光路長さを、赤と青の波長の必要な回折次数に対してそれぞれ高い回折光率が得られるように形成される。

【0022】例えば、図3に示すブレース断面形状の回折格子を、ピッチPを160～260μmとして、回折格子の深さdを0～3μmに変化させて、基材として例えばOZ-1000（日立化成）のプラスチック材料からなる回折光学素子を作製した場合の、回折格子の回折効率の変化を算出してみる。実施の形態における回折格子は、そのピッチが波長より十分長いのでスカラー理論が適用でき、また、その深さが波長程度なのでいわゆる薄層グレーティングとして扱える。その場合、回折効率ηmは次式(1)で表される（mは回折次数）。

【0023】

【数1】

$$\eta_m = \left| \frac{1}{T} \int_0^T A(x) \exp\{i\phi(x)\} \exp(-i \frac{2\pi m x}{T}) dx \right|^2$$

【0024】式中、A(x)は透過振幅分布、φ(x)は位相分布、Tはグレーティングのピッチを示している。計算においてはA(x)=1として規格化している。また、回折格子のピッチについて一般にピッチが細くなるほど、収差の波長依存性は向上するが、ピッチが波長の5倍以下になると、原理的に回折効率が大きく低下する。また、ピッチが細かいほど形状ずれによる影響が大きくなる。そこで本実施の形態では、ピッチ1μmの形状ずれが5%に相当する値として、20μm以上を望ましい値とする。

【0025】図6は、縦軸に回折格子の深さd、縦軸に回折格子の回折効率の変化を算出した結果である。図中の“B0”、“B1”、“B2”、“B3”はそれぞれ青の0次回折光、1次回折光、2次回折光、3次回折光の回折効率を、“R0”、“R1”、“R2”はそれぞれ赤の0次回折光、1次回折光、2次回折光の回折効率を示す。

【0026】図6から明らかなように、ブレース化した回折格子は位相深さが光の1波長λ毎の周期で回折効率が最大値をとる。回折格子の位相深さは、dを実際の回折格子の深さ、nを回折光学素子基材の屈折率とすると、これらの積d(n-1)で表される。波長λ=405nmに対し基材材料の屈折率n_s=1.531で、波長λ=650nmに対し同屈折率n_s=1.498であ

るので、これから計算すると405nmで位相差が1波長λになる回折格子の深さは0.763μmで、この深さで青の1次回折光の回折効率が最大になる。青の2次回折光はその倍の1.526μm、同様に赤の1次回折光は1.305μmで最大となる。

【0027】これらのことから、赤と青のいずれの波長でも高い回折光率が得られる回折格子の深さは、R1とB2の交点、R2とB3の交点であることが分かる。つまり第1波長の青の2次回折光B2及び第2波長の赤の1次回折光R1で使う1.42μm付近と、青の3次回折光B3及び赤の2次回折光R2で使う2.4μm付近が、高回折光率が得られる回折格子の深さである。回折格子の深さは0.2μmずれると十数%位の効率減少になるので、これ以上を確保するためには、高回折光率が得られる回折格子の深さが、1.42±0.2μm又は2.40±0.2μmの範囲内とすることが好ましい。

【0028】また、図6から明らかなように、第1光の青の1次回折光B1及び第2波長の赤の1次回折光R1の交点（回折格子の深さは、0.965μm）においても、回折光率が80%程度と決して低くはないが、少しでも回折格子の深さにずれが生じると、回折効率が大きく低下する。青の2次及び3次回折光の回折効率のピークは深さ1.526μm及び2.289μmで、同様に赤の1次及び2次回折光では1.305μm及び2.610μmであるので、回折格子の深さにずれが生じても青及び赤の回折効率のピーク近傍の交点であれば、回折効率の変動が小さいが、それぞれのピークから離れる交点では大きく変動する。

【0029】

【実施例1】このような機能を有する光ピックアップとして、例えば図5に示したような、回折格子が青（405nm）に対しては2次回折光、赤（650nm）に対しては1次回折光を使った回折光学素子を集光レンズとは別体にして光軸を中心とした回転対称体として設計した対物レンズユニットを含む光ピックアップを作製した。回折格子の輪帯パターンすなわち回折格子の輪帯本数は有効面内で5本である。半径及びピッチのデータは表1のとおりである。

【0030】

【表1】

輪帯番号	半径(mm)	ピッチ(mm)
1	1.006925	
2	1.264028	0.268053
3	1.444882	0.180834
4	1.610728	0.165864
5	1.831136	0.220410

【0031】図5に示したように非球面の集光レンズの光源側に平坦のレンズの回折光学素子が配置され、その

凹面上に回折格子を形成し、凹面及び回折格子はいずれも非球面形状とした。よって、第1面及び第2面は回折光学素子の入射面及び出射面であり、第3面及び第4面は集光レンズの入射面及び出射面である。各非球面Zは次式数2で表される。

【0032】

【数2】

$$Z = \frac{(1/R)r^2}{1 + \sqrt{1 - (1/R)^2(K+1)r^2}} + \sum_i AS_i r^i$$

*10

$$\Phi(r) = \frac{2\pi}{\lambda_0} (DF0 + DF1r^2 + DF2r^4 + DF3r^6 + DF4r^8 + DF5r^{10})$$

【0035】（但し、 ϕ ：回折次数、 λ_0 ：波長、 r ：光軸からの半径、DF1～DF5：係数）

自動設計された各非球面レンズのデータは表2～4のと※

*【0033】（但し、Z：SAG値、R：曲率半径、K：円錐係数、 r ：光軸からの半径、AS_i：非球面係数）

位相関数 $\Phi(r)$ は、は次式数3で表される。

【0034】

【数3】

【0036】

【表2】

	面番号	曲率半径	面間隔	屈折率
回折光学素子	1	280.370691V	1.000000	1.518981
	2	—	0.300000	
基準レンズ	3	2.164335	1.900000	1.605257
	4	-16.344800	1.000000	
ディスク	5	—	0.800000	1.621082
	6	—	0.875242V	

【0037】

★ ★【表3】

		第1面	第3面	第4面
非球面係数	AS2	-0.001558	0.002689	0.008334
	AS3	0.000155	0.000265	-0.001575
	AS4	3.9939e-05	5.0945e-06	0.000217
	AS5	-2.7633e-06	2.8945e-06	-1.6435e-05
円錐係数 (K)		-8.1804e+04	-0.665540	-34.016416

【0038】

【表4】

	第1面
DF0	-0.000200
DF1	0.000225
DF2	-0.000481
DF3	5.5800e-05
DF4	8.1529e-06
DF5	-5.0889e-07

【0039】図7に、得られた対物レンズユニットのH D-DVD（光ディスク厚み0.6mm、光源波長 $\lambda = 405 \pm 5 \text{ nm}$ ）に対する波面収差の変化を示す。図において横軸に波長、縦軸に光軸上での波面収差量（rms（ λ ））をとった波長依存性を示す。図示するように対物レンズユニットの波面収差はマレシャル限界0.07

λ 以下に抑えられている。

【0040】図8は405nmの単一波長で横軸に画角、縦軸に波面収差をとったグラフである。図示するように対物レンズユニットの波面収差は画角約0.8度までマレシャル限界0.07 λ 以下に抑えられている。図9に、得られた対物レンズユニットのDVD（光ディスク厚み0.6mm、光源波長 $\lambda = 650 \pm 10 \text{ nm}$ ）に対する波面収差の変化を示す。図において横軸に波長、縦軸に光軸上での波面収差量（rms（ λ ））をとった波長依存性を示す。図示するように対物レンズユニットの波面収差はマレシャル限界0.07 λ 以下に極めて低く抑えられている。

【0041】図10は650nmの単一波長で横軸に画角、縦軸に波面収差をとったグラフである。図示するように対物レンズユニットの波面収差は画角1度以内でマレシャル限界0.07 λ 以下に抑えられている。なお、

図11は図7及び図9のそれぞれの波長の1次及び2次の回折光についての波面収差の変化をグラフ化したもので、横軸に400nm～700nmまでの波長をとり、縦軸に波面収差をとった。なお、図7から図11まではそれぞれの波長に対する最良像点位置をもとめて、そでの波面収差を計算し、波面収差を評価した（いわゆる最良像点位置可変）。

【0042】さらに、比較のために青専用の対物レンズ単体の波長依存性特性を測定し、上記実施例のものと比較した。図12にその結果を示す。グラフ中、Aは本実施例の青の2次回折光の波長と収差の関係を、Bは比較例の青用単一対物レンズでの波長と収差の関係を示す。単体の専用レンズを使う場合よりも本実施例の場合のほうが使用可能な波長範囲が広いことがわかる。これは回折光学素子として凹レンズ（平凹レンズ）を使用しているためであり、これにより単体の青専用対物レンズより波長依存特性が改善されている。なお、図12は1つの波長での最良像点位置を求め、その位置に固定して他の*

*波長での波面収差を計算し、波面収差を評価した（いわゆる最良像点位置固定）。波長によって、波面収差の最小になる最良像点位置は変化するので、図7及び図11の最良像点位置可変の場合より図12の最良像点位置固定の方が必ず厳しい条件になっている。

【0043】

【実施例2】さらに実施例2の光ピックアップとして、図13（A）及び（B）に示す回折格子が青（405nm）に対しては3次回折光B3、赤（650nm）に対しては2次回折光R2を使った回折光学素子16bを集光レンズ16aとは別体にして光軸を中心とした回折対称体として設計した対物レンズユニットを含む光ピックアップを作製した。回折格子の輪帯パターンは実施例1と同様である。

【0044】自動設計して製造された各非球面レンズのデータは表5～7のとおりである。

【0045】

【表5】

	面番号	曲率半径	面間隔	屈折率
回折光学素子	1	-596.969760 V	1.000000	1.518581
	2	—	0.309000	
基準レンズ	3	2.161390	1.798000	1.605257
	4	-17.079390	1.000000	
ディスク	5	—	0.600000	1.621082
	6	—	0.876211 V	

【0046】

※ ※ 【表6】

		第1面	第2面	第3面
非球面係数	AS2	-0.001291	-0.000738	0.008569
	AS3	0.000262	-0.000211	-0.003385
	AS4	-9.6306e-06	-0.000123	0.000760
	AS5	4.8087e-06	2.9548e-06	-6.4927e-06
円 錐 係 数 (K)		-1.2380e+05	-6.418560	17.342961

【0047】

【表7】

	第1面
DF0	-0.000289
DF1	0.000289
DF2	-0.000283
DF3	3.7316e-06
DF4	-1.5262e-06
DF5	7.8579e-07

【0048】図14に、得られた対物レンズユニットのHD-DVD（光ディスク厚み0.6mm、光源波長 $\lambda=405\pm5\text{nm}$ ）に対する3次回折光による波面収差の変化を示す。図において横軸に波長、縦軸に光軸上で

の波面収差（rms（ λ ））をとった波長依存性を示す。

図示するように対物レンズユニットの波面収差はマレシャル限界0.07 λ 以下に抑えられている。

40 【0049】図15は405nmの単一波長で横軸に画角、縦軸に波面収差をとったグラフである。図示するように対物レンズユニットの波面収差は画角約0.8度までマレシャル限界0.07 λ 以下に抑えられている。図16に、得られた対物レンズユニットのDVD（光ディスク厚み0.6mm、光源波長 $\lambda=650\pm10\text{nm}$ ）に対する2次回折光による波面収差の変化を示す。図において横軸に波長、縦軸に光軸上で

50 λ 以下に抑えられている。

【0050】図17は650nmの単一波長で横軸に固角、縦軸に波面収差をとったグラフである。図示するように対物レンズユニットの波面収差は固角1度以内でマレシャル限界0.07λ以下に抑えられている。

【0051】

【実施例3】さらに実施例3の光ピックアップとして、図18(A)及び(B)に示す回折格子が青(405nm)に対しては2次回折光B2、赤(650nm)に対しては1次回折光R1を使った回折光学素子と集光レンズとを一体とし光軸を中心とした回転対称体として設計した対物レンズユニット16を含む光ピックアップを作*

	面番	曲率半径	面形状	屈折率
複合対物レンズ	1	2512042 V	1.798000	1.605257
	2	138.437197 V	1.000000	
ディスク	3	—	0.600000	1.621082
	4	—	0.801258 V	

【0054】

【表9】

		第1面	第2面
非球面係数	AS2	-8.7986e-05	-0.007221
	AS3	0.000417	-0.001483
	AS4	2.3084e-05	-0.000487
	AS5	1.8366e-06	5.7876e-06
円筒係数 (K)		-0.441017	-2.4545e+04

【0055】

【表10】

	第1面
DF1	-0.016124
DF2	-0.000703
DF3	7.6145e-06
DF4	-1.1864e-05
DF5	-3.8137e-06

【0056】図19に、得られた対物レンズユニットのHD-DVD(光ディスク厚み0.6mm、光源波長λ=405±5nm)に対する波面収差の変化を示す。図において横軸に波長、縦軸に光軸上での波面収差量(μm)をとった波長依存性を示す。図示するように対物レンズユニットの波面収差はマレシャル限界0.07λ以下に抑えられている。

【0057】図20は405nmの単一波長で横軸に固角、縦軸に波面収差をとったグラフである。図示するように対物レンズユニットの波面収差は固角約0.95度までマレシャル限界0.07λ以下に抑えられている。図21に、得られた対物レンズユニットのDVD(光ディスク厚み0.6mm、光源波長λ=650±10nm)

*製した。回折格子の輪帯パターンは実施例1と同様である。

【0052】図18に示したように非球面の集光レンズの光源側の入射面上に回折格子を形成し、回折格子及び集光レンズの出射面はいずれも非球面形状とした。よって、第1面及び第2面は一体集光レンズの回折格子及び出射面である。自動設計して製造された各非球面レンズのデータは表8～10のとおりである。

【0053】

【表8】

m)に対する波面収差の変化を示す。図において横軸に波長、縦軸に光軸上での波面収差量(μm(λ))をとった波長依存性を示す。図示するように対物レンズユニットの波面収差はマレシャル限界0.07λ以下に極めて低く抑えられている。

【0058】図22は650nmの単一波長で横軸に固角、縦軸に波面収差をとったグラフである。図示するように対物レンズユニットの波面収差は固角約0.95度までマレシャル限界0.07λ以下に抑えられている。

【0059】

【発明の効果】本発明によれば、光ピックアップにおける対物レンズを集光レンズと回折光学素子とからなる複合対物レンズとして、回折光学素子は、第1光ビームが回折光学素子を透過するとき、第1回折次数の第1光ビーム回折光を、情報読取光又は情報記録光として集光レンズを介して集光し、かつ、第2光ビームが回折光学素子を透過するとき、第1光ビーム回折光の第1回折次数より低次の第2回折次数の第2光ビーム回折光を、情報読取光又は情報記録光として集光レンズを介して集光する複数の凹凸からなる透過型回折格子を有するので、対応波長の異なる光ディスク又は記録面に対し記録再生可能な小型化光ピックアップを得ることができる。このように、対物レンズに直接又は別体の回折格子を形成することで、以下能様な効果がある。対物レンズと回折光学素子レンズを同じホルダーで支持でき、小型化できる。レンズの移動に対して問題が発生しない。別体の構成でも、回折光学素子がほとんど屈折作用をしないので位置精度が軽く、つまり、使用する赤と青の両波長に対して高次の収差を補正する程度の作用であり、対物レンズとの相互位置関係は他の方法と比べてはるかに緩い製造が可能となる。特に、対物レンズとして青又は赤の波長範囲で補正されたレンズを使う場合、はるかに緩和さ

れた設計が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明による光ピックアップ内部の概略構成図である。

【図2】 本発明による光ピックアップにおける回折格子の平面図である。

【図3】 本発明による光ピックアップにおける回折格子の部分断面図である。

【図4】 本発明による光ピックアップにおける回折格子の部分断面図である。

【図5】 本発明による光ピックアップにおける対物レンズユニットの部分断面図である。

【図6】 本発明による光ピックアップにおける対物レンズユニットの回折格子の深さと回折効率との関係を示すグラフである。

【図7】 第1実施例の対物レンズユニットの2次回折光の第1波長に対する波面収差の変化を示すグラフである。

【図8】 第1実施例の対物レンズユニットの第1波長2次回折光の画角に対する波面収差の変化を示すグラフである。

【図9】 第1実施例の対物レンズユニットの1次回折光の第2波長に対する波面収差の変化を示すグラフである。

【図10】 第1実施例の対物レンズユニットの第2波長1次回折光の画角に対する波面収差の変化を示すグラフである。

【図11】 第1実施例の対物レンズユニットの1次回折光の第2波長及び2次回折光の第1波長に対する波面収差の変化を示すグラフである。

【図12】 第1実施例の対物レンズユニットの2次回折光の第1波長に対する波面収差の変化と、第1波長専用の比較例の対物レンズの波面収差の変化とを示すグラフである。

【図13】 本発明による第2実施例の光ピックアップにおける対物レンズユニットの部分断面図である。

【図14】 第2実施例の対物レンズユニットの3次回折光の第1波長に対する波面収差の変化を示すグラフで

ある。

【図15】 第2実施例の対物レンズユニットの第1波長3次回折光の画角に対する波面収差の変化を示すグラフである。

【図16】 第2実施例の対物レンズユニットの2次回折光の第2波長に対する波面収差の変化を示すグラフである。

【図17】 第2実施例の対物レンズユニットの第2波長2次回折光の画角に対する波面収差の変化を示すグラフである。

【図18】 本発明による第3実施例の光ピックアップにおける対物レンズユニットの部分断面図である。

【図19】 第3実施例の対物レンズユニットの2次回折光の第1波長に対する波面収差の変化を示すグラフである。

【図20】 第3実施例の対物レンズユニットの第1波長2次回折光の画角に対する波面収差の変化を示すグラフである。

【図21】 第3実施例の対物レンズユニットの1次回折光の第2波長に対する波面収差の変化を示すグラフである。

【図22】 第3実施例の対物レンズユニットの第2波長1次回折光の画角に対する波面収差の変化を示すグラフである。

【符号の説明】

1 光ピックアップ

5 光ディスク

10 光軸結合プリズム

11 ダイクロイックミラー合成面

13 偏光ビームスプリッタ

14 コリメータレンズ

15 1/4波長板

20 光検出部受光面

26 アクチュエータ

30 復調回路

31 エラー検出回路

33 駆動回路

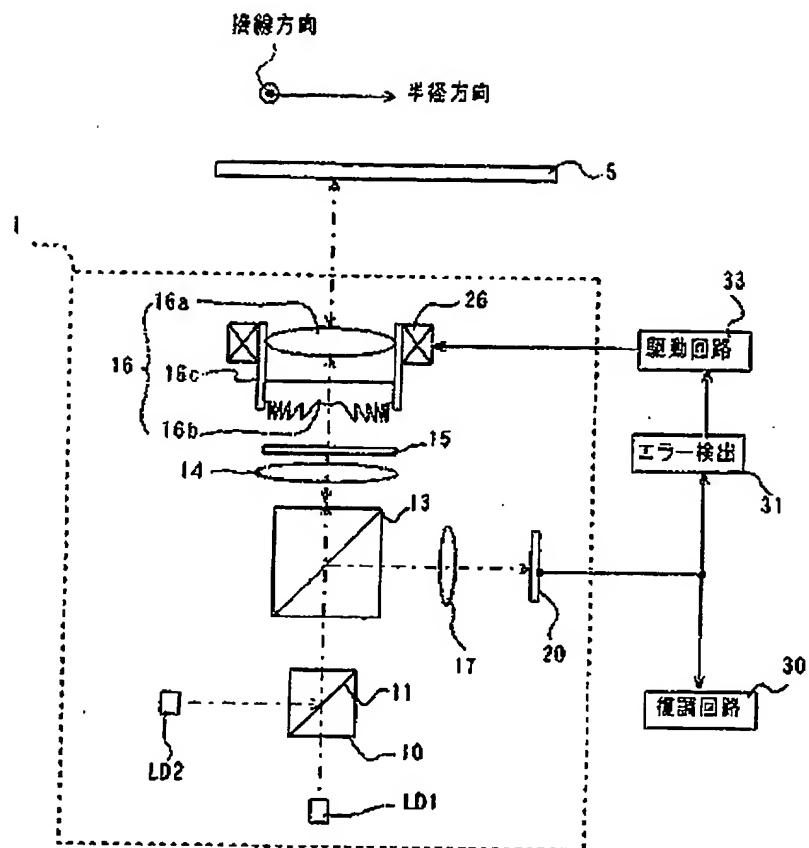
LD1、LD2 第1及び第2半導体レーザ

10

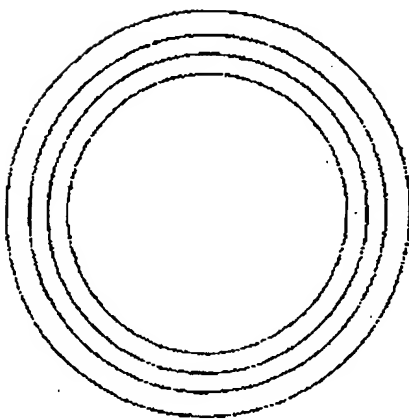
20

30

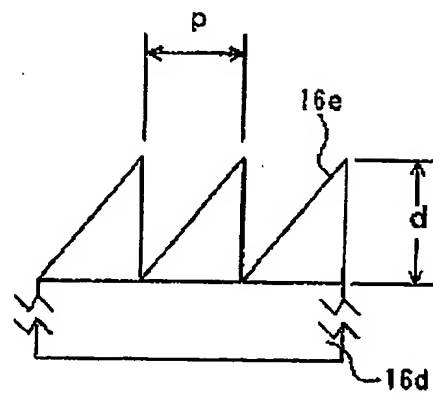
【図 1】



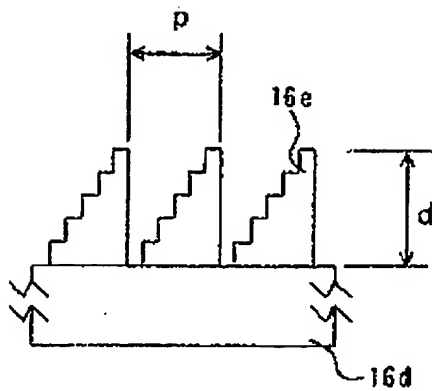
【图2】



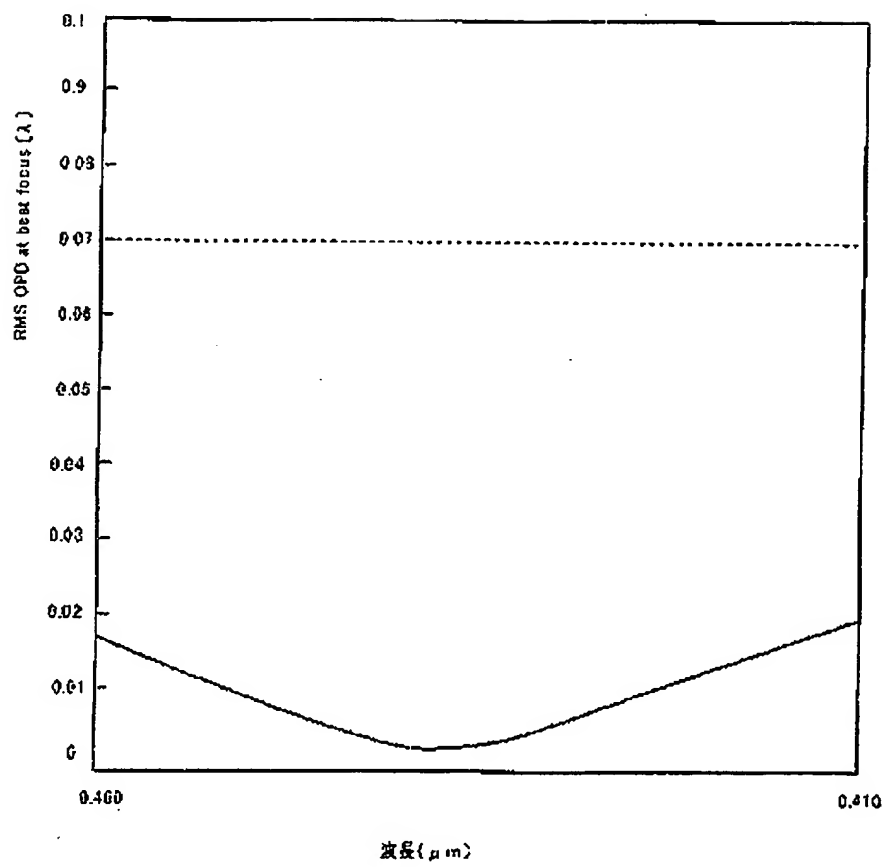
【圖3】



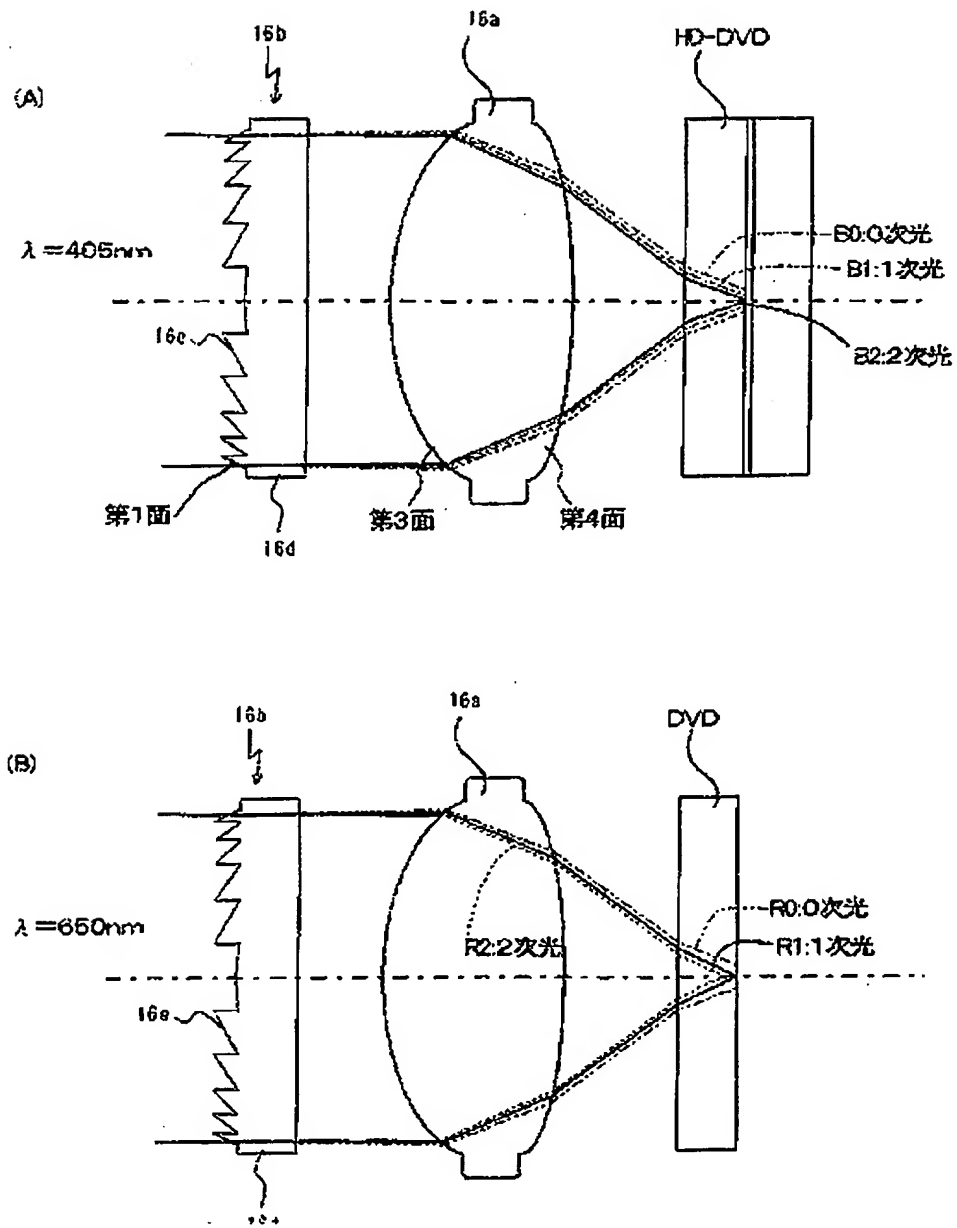
【図4】



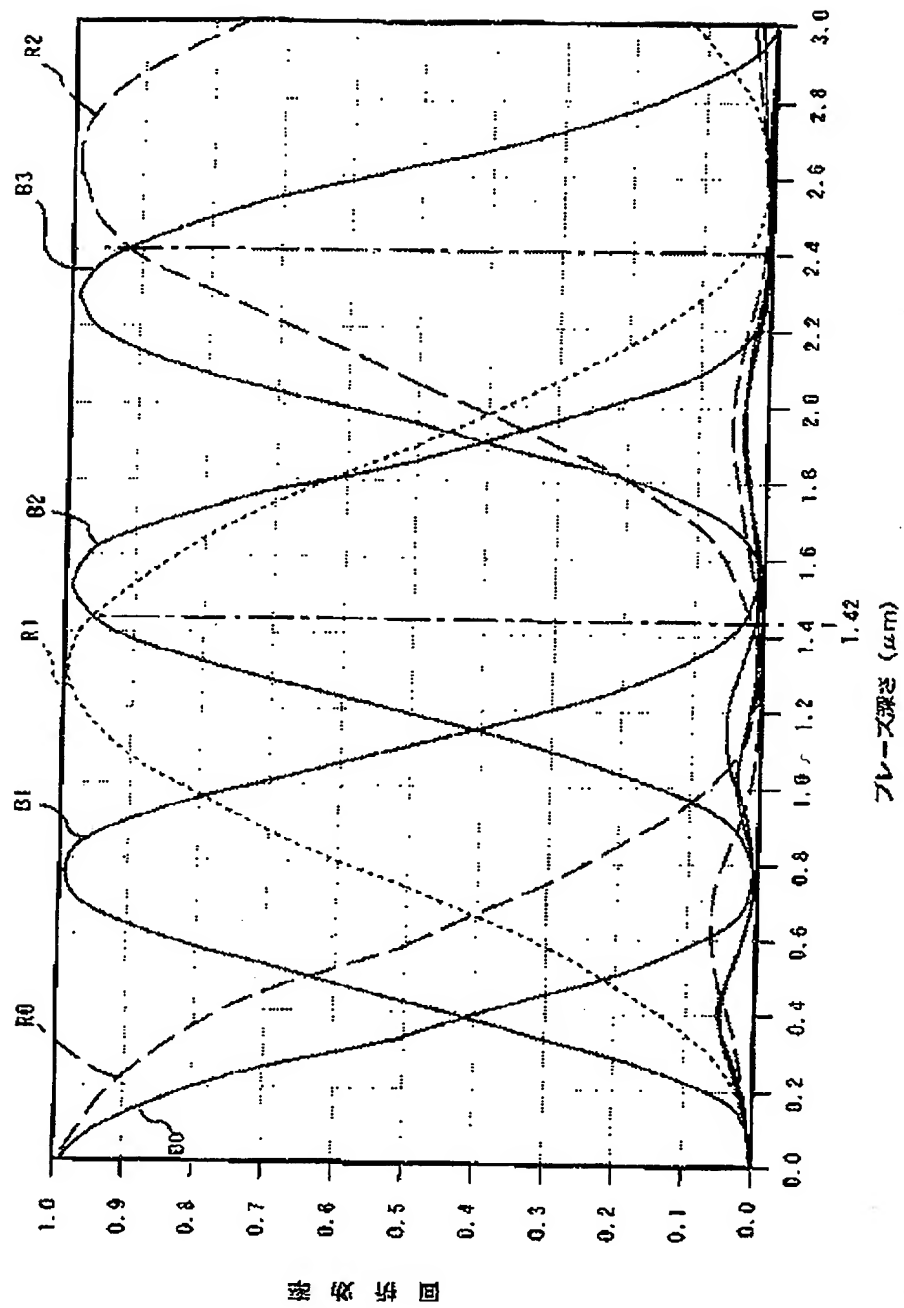
【図7】



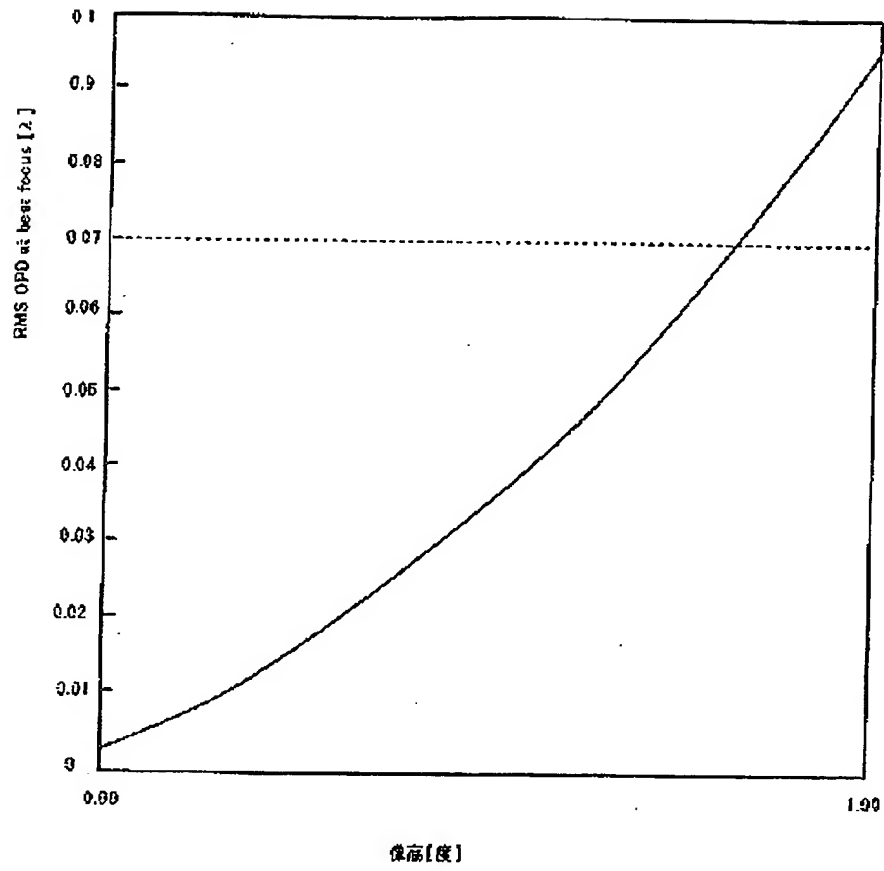
[図5]



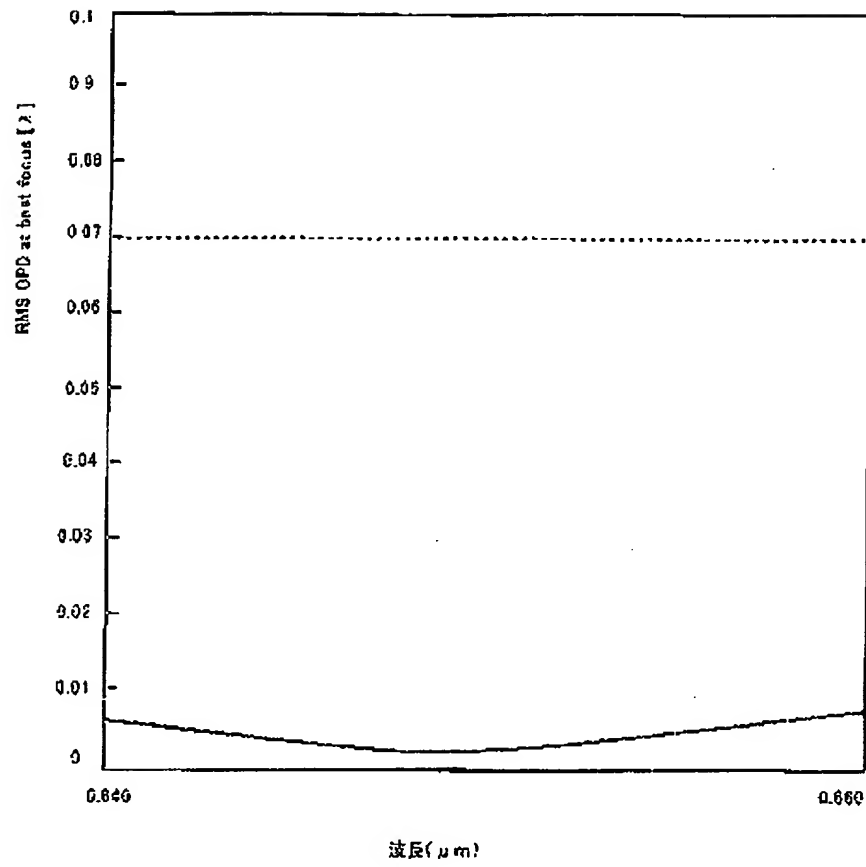
【図6】



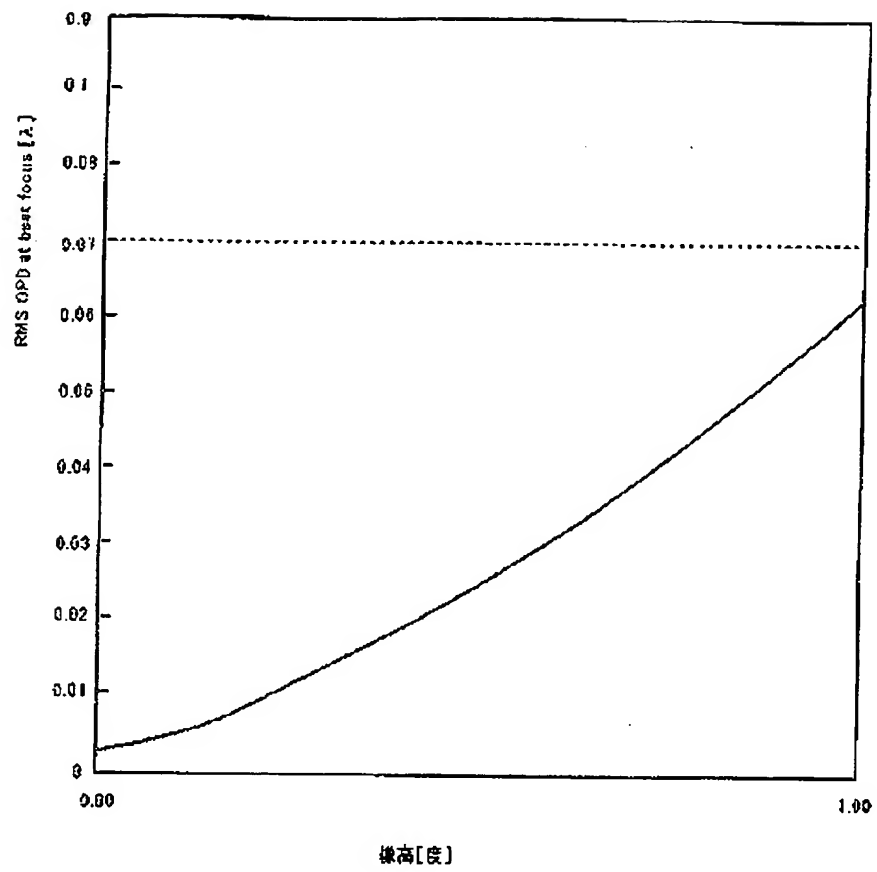
【図8】



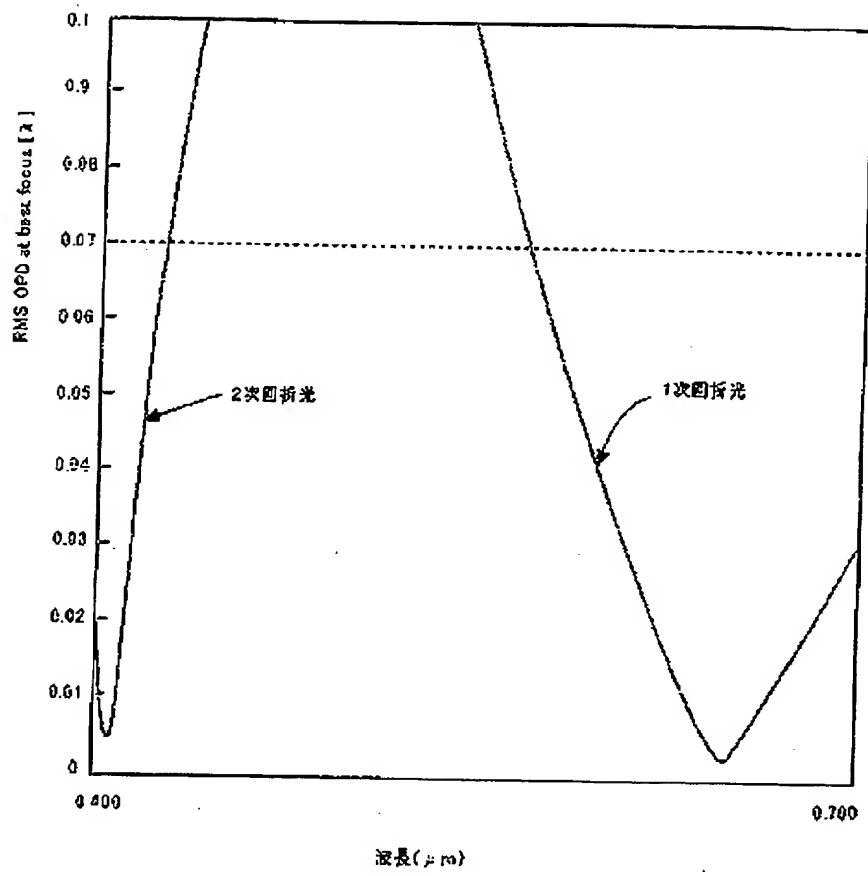
【図9】



【図10】



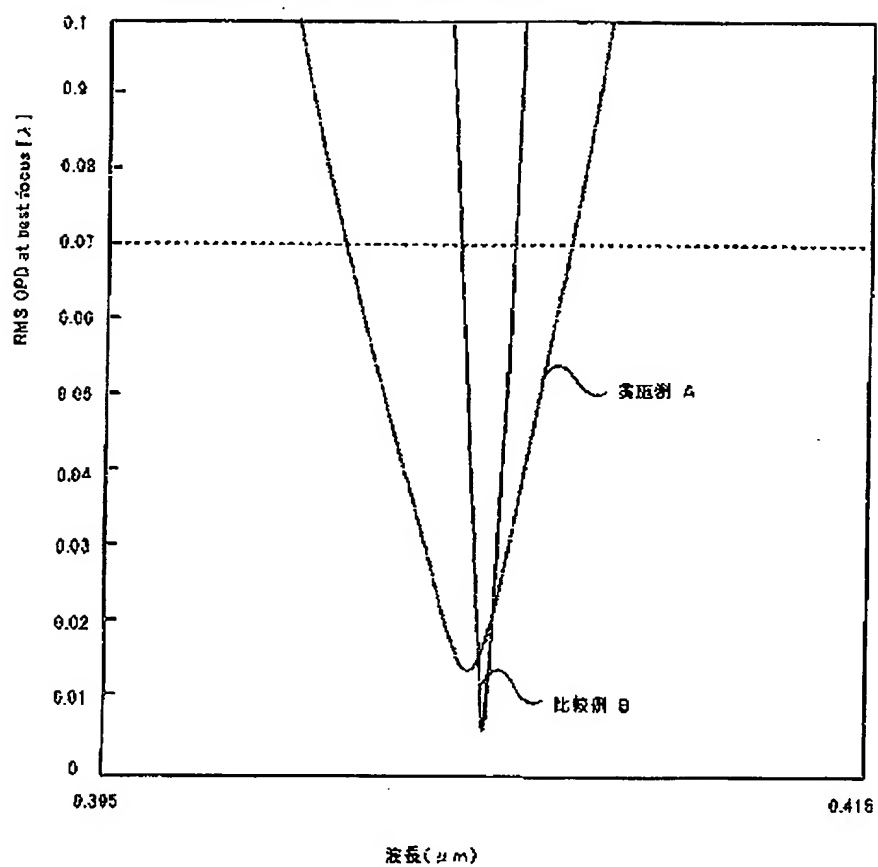
【図11】



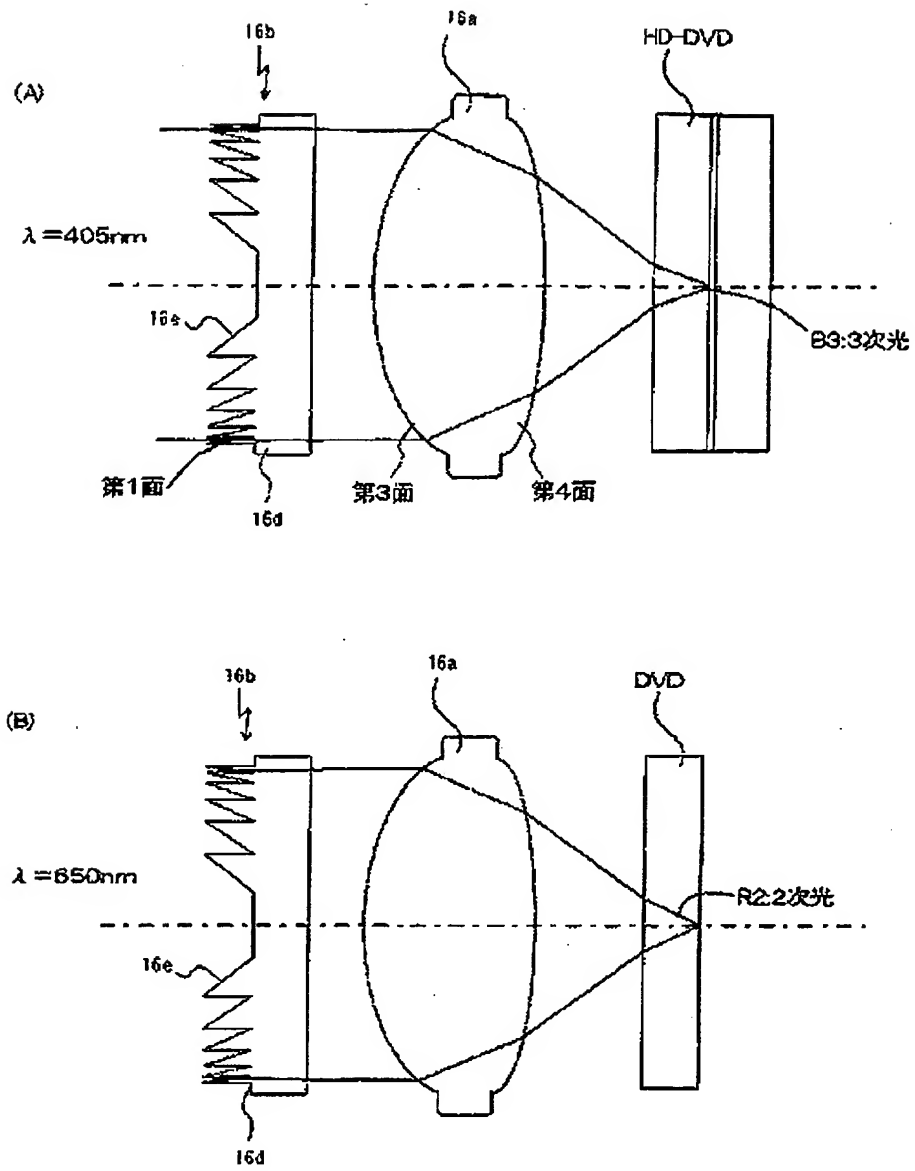
【図12】

本実施例の青の波長と収差の関係: A

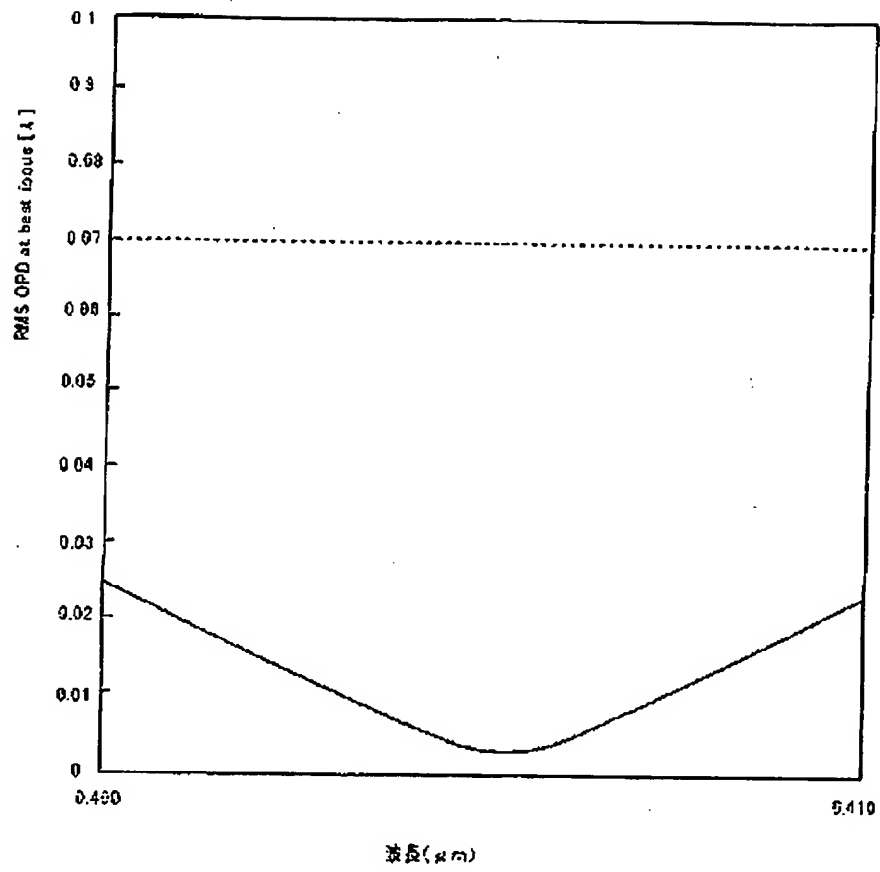
比較例の青用単一対物レンズでの波長と収差の関係: B



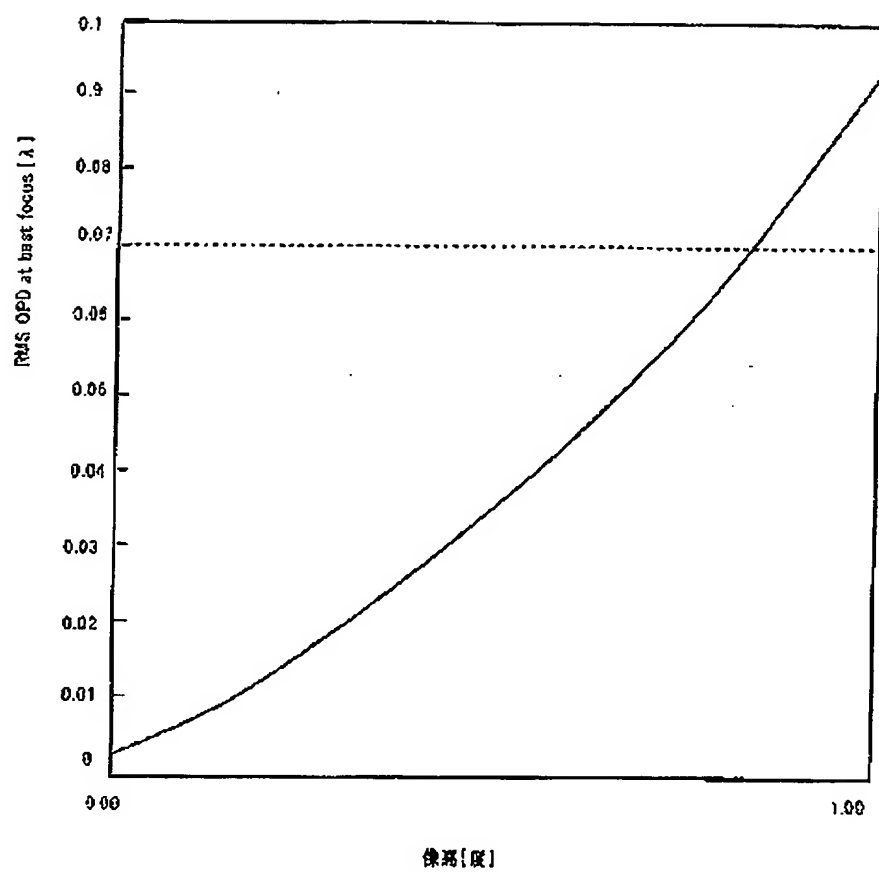
【図13】



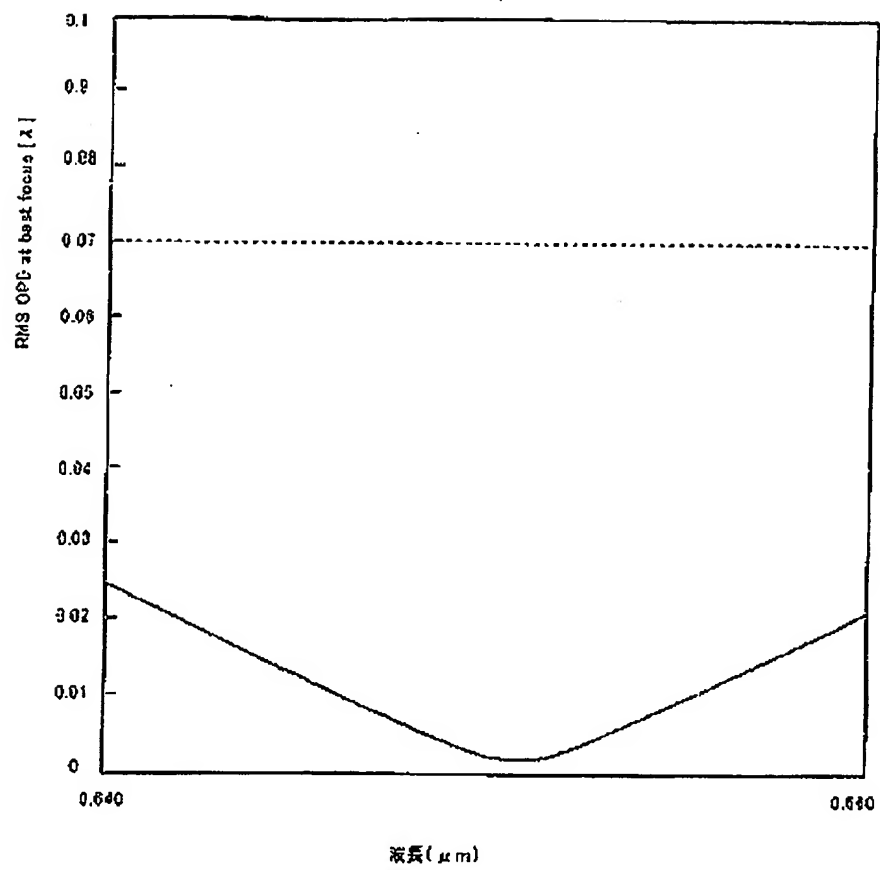
【図14】



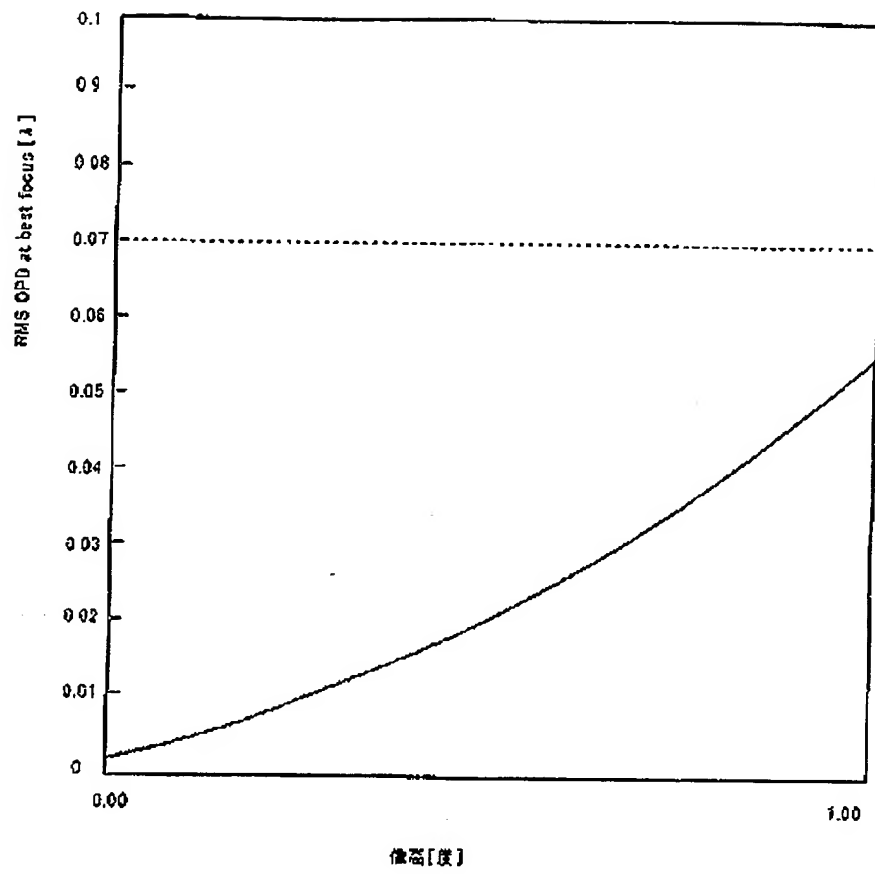
【図15】



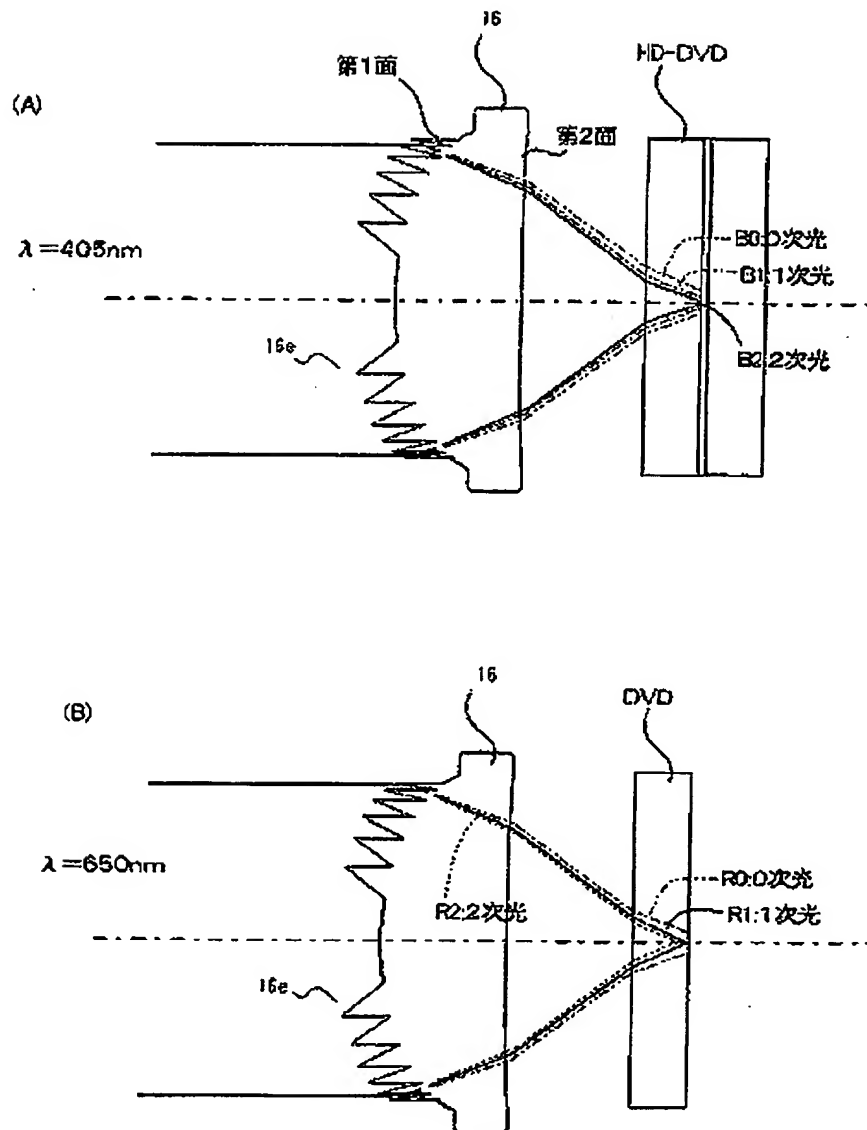
【図16】



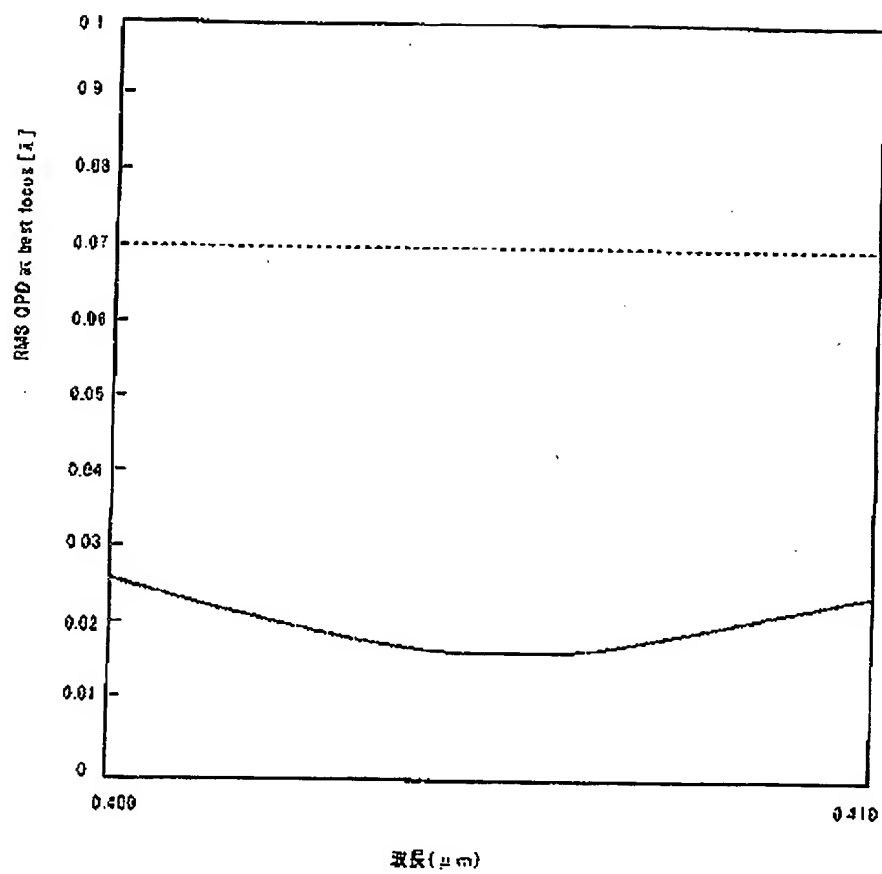
【図17】



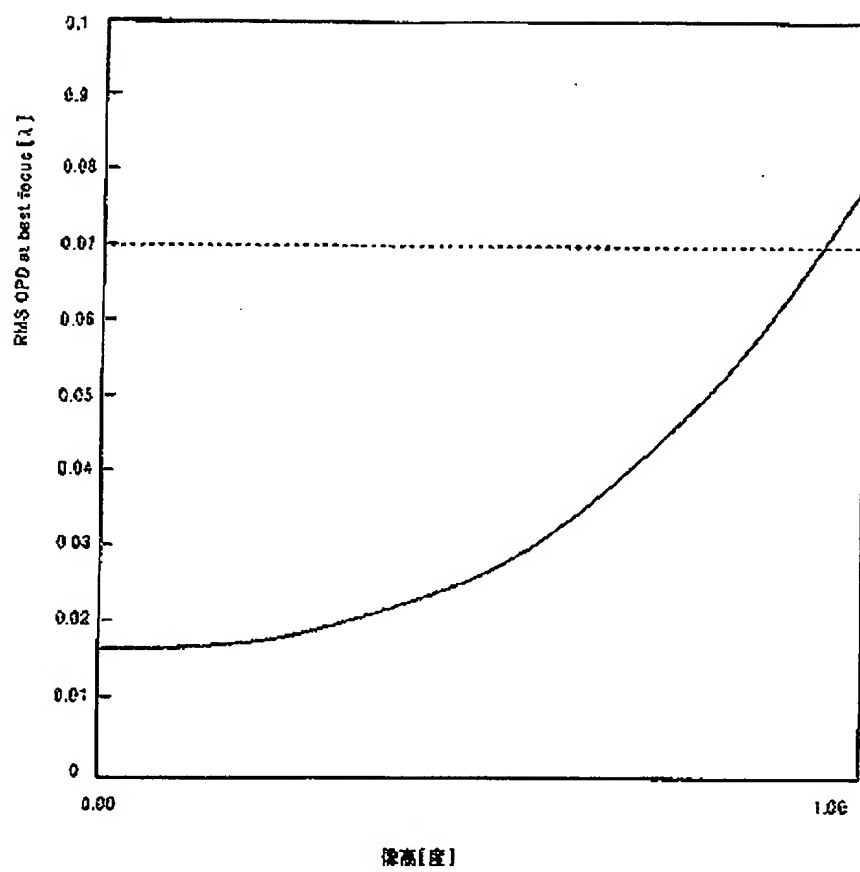
【図18】



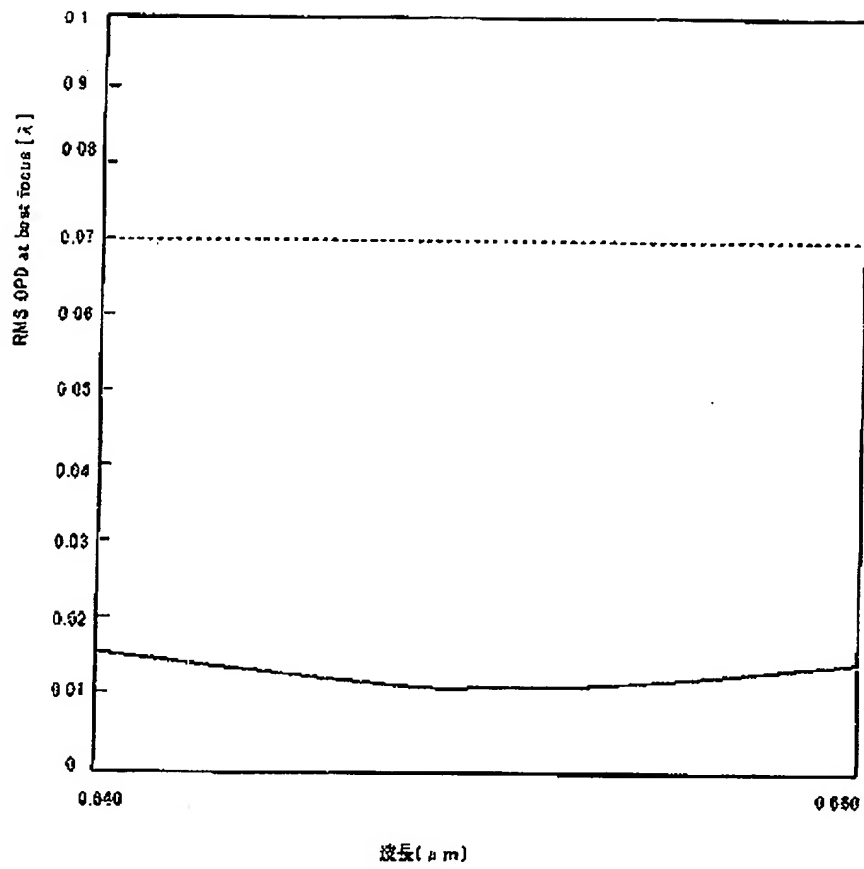
【図19】



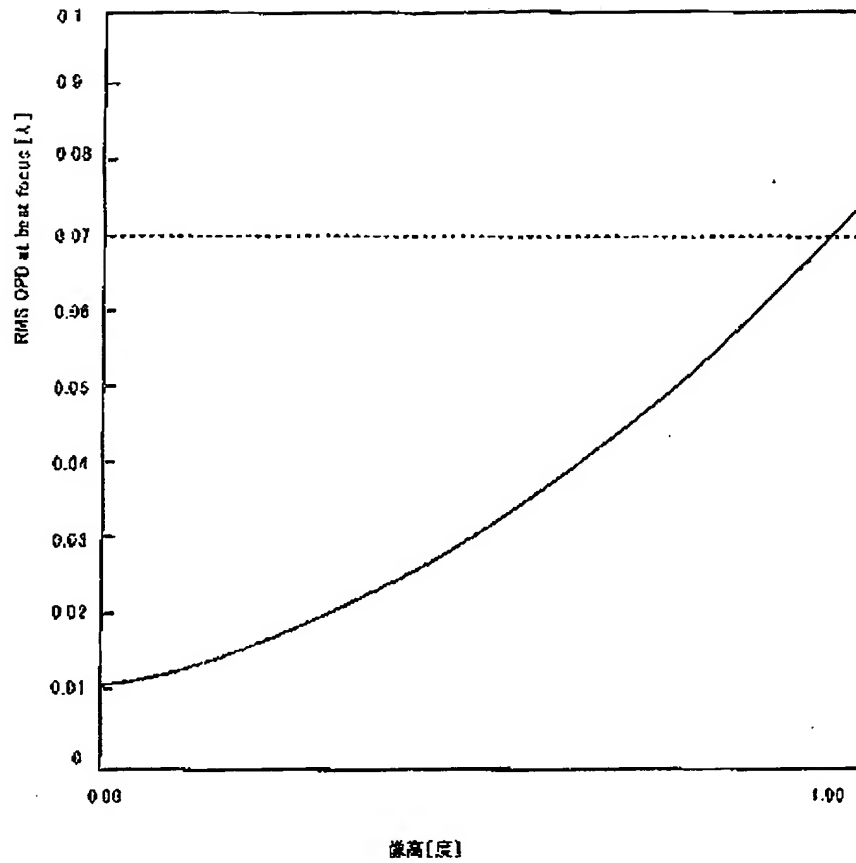
【図20】



【図21】



【図22】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H049 AA17 AA18 AA40 AAS1 AA57
AA53
5D119 AA41 BA01 CA16 EC47 FA08
JA02 JA03